

太陽系外惑星系における惑星同士の食の発見

平野 照幸 (物理学専攻 博士課程 3年)
須藤 靖 (物理学専攻 教授)

◆◆ われわれは4つの惑星をもつ太陽系外惑星系の観測データから、そのうちの2つが同時に中心星面上を通過し、かつそれらが重なり合う「惑星同士の食を初めて発見した。さらにその詳細な解析によって、2つの惑星の公転軸が太陽系と同様に中心星の自転軸の向きとよく揃っている事を突き止めた。

われわれの太陽系では、8つの惑星の公転軸は約7度以内の精度でよく揃っており、これらは太陽の自転軸とほぼ平行である。この事実は、惑星が原始惑星系円盤とよばれる塵とガスでできた円盤を経由して誕生した証拠とされている。いっぽう、太陽系外惑星に目を向けてみると、惑星の公転軸と中心星の自転軸が平行ではない系も多数報告されている。これらは、中心星の前を惑星が通過して食を起こす「トランジット惑星系」に対するロシター効果とよばれる現象から推定されたものだ。しかしながらそれはいずれも、惑星が単独で存在する系だけであり、複数惑星系に対する観測はなされていなかった。

そこでわれわれは、KOI-94という4つの惑星をもつ系に着目した。これはNASAのケプラー衛星によって見つかった惑星系候補のひとつである。われわれのグループはこの系のすばる望遠鏡によるロシター効果観測を提案し採択されたが、その観測の直前にケプラー衛星のアーカイブデータを詳細に調べたところ「惑星同士の食」という興味深い現象が起きていたことを発見した。

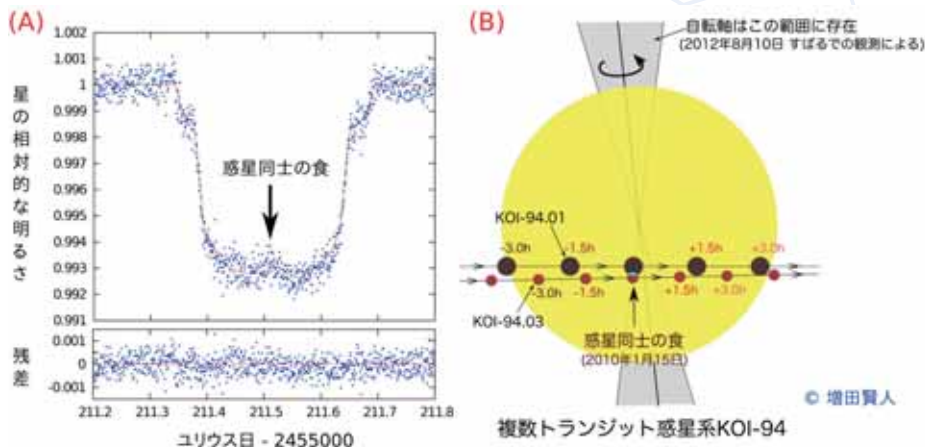
そのアーカイブデータではKOI-94の明るさの変動が公開されている(図A)。惑星が中心星の前面を横切る(トランジット)

と、中心星が少し暗くなりこの図の曲線がくぼむ。今まで発表されたすべての惑星系は、そのくぼみがひとつだけであった。しかしこの系の場合、2段階のくぼみが見えている。これは2つの惑星(KOI-94.01と94.03)が同時にトランジットを起こしていた事を意味する。これ自身が初めての発見なのであるが、実はそのくぼみの底付近で、逆に少しだけ中心星が明るくなったことまで見てとれる。これは、2つの惑星がトランジット(中心星と惑星の食)の最中に、互いに重なりあった(惑星と惑星の食)ためである。惑星同士の食は、中心星、2つの惑星、地球の4つの天体がほぼ完全に一直線上に並んだ場合のみに起こる、きわめて稀な現象である。

この惑星同士の食は稀有な天文現象として興味深いのみならず、惑星系の形状に対する示唆を与えてくれる。2つの惑星の公転面が互いに傾いていると、中心星と2惑星が同時に視線上に並ぶ確率はきわめて小さいので、惑星同士の食が起きたことは、それらの公転面がよく揃っていることを示唆する。われわれは図Aのデータを詳しく解析し、さらにすばる望遠鏡を用いたロシター効果の観測結果と組み合わせる事で、2つの惑星(KOI-94.01と94.03)の公転軸と中心星の自転軸がよく揃っている事を明らかにした(図B)。

最初の一例ではあるが、複数の惑星をもつ系は太陽系と同じく惑星の公転軸と中心星の自転軸はすべてほぼ平行であるようだ。その事実は、複数惑星系の形成とその後の力学進化に対する重要な観測的制限である。さらに詳しいことは、T.Hirano *et al.*, *Astrophysical Journal Letters*, **759**, L36 (2012) を参照されたい。

(2012年11月5日プレスリリース)



(A) ケプラー衛星で観測されたKOI-94の明るさの変化(2012年1月15日) (B) ケプラー衛星とすばる望遠鏡のデータを組み合わせて得られたKOI-94系の惑星軌道の配置予想図

マイクロ RNA が細胞核に輸送されるメカニズム

西 賢二 (生物化学専攻 特任助教)
程 久美子 (生物化学専攻 准教授)

従来、マイクロ RNA (miRNA) による RNA サイレンシングはおもに細胞質で起こると考えられていた。私たちは、RNA サイレンシングに関わるタンパク質 Trinucleotide repeat-containing 6A (TNRC6A) が、核と細胞質を行き来する輸送タンパク質であり、miRNA と直接相互作用している Argonaute (Ago) タンパク質との結合を介して、miRNA を核内に輸送することを明らかにした。さらに、おもに核に局在する TNRC6A 変異体を発現する細胞を作製して、核内でも miRNA による RNA サイレンシングが起こる可能性を示した。

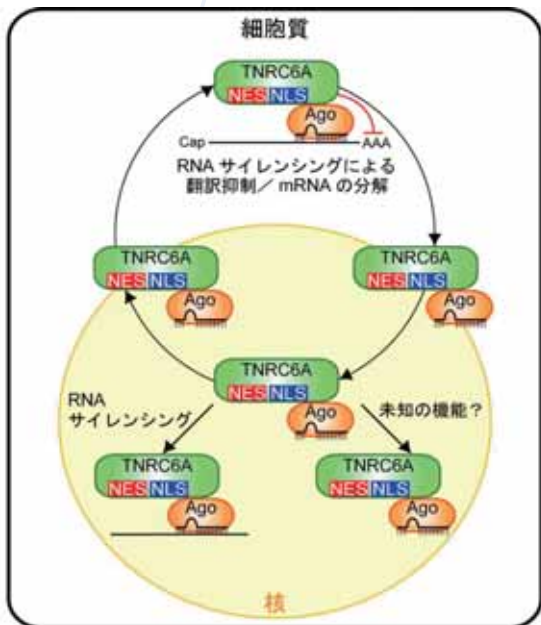
ヒトを含む多くの生物種において、マイクロ RNA (miRNA) や small interfering RNA (siRNA) といった長さ 20 数塩基の小さな RNA は、転写後の段階で遺伝子の発現を抑制する。このしくみは「RNA サイレンシング」とよばれる。miRNA は、直接相互作用する Ago タンパク質や Ago 結合タンパク質である GW182 などと複合体を形成し、相補的な塩基配列をもつ mRNA と対合して、その分解や翻訳抑制を引き起こす。miRNA によって抑制されるのはおもに成熟型の mRNA であることや、Ago や GW182 が細胞質内の顆粒状構造体である P

body に局在することなどから、RNA サイレンシングはおもに細胞質で起こると考えられていた。いっぽうで、miRNA や Ago は細胞核内にも存在し、転写段階での遺伝子発現制御や mRNA のスプライシング制御に関わることを示唆する報告もなされていた。しかしながら、miRNA や Ago を含む複合体が核内に輸送される分子的な機構は不明であった。

私たちは、miRNA の核内移行の分子機構を明らかにする目的で、ヒト GW182 ファミリータンパク質に属する TNRC6A に着目し、その細胞内局在を解析した。その結果、TNRC6A は、核移行シグナルと核外移行シグナルの両方をもち、それらの働きによって核と細胞質の間を行き来する輸送タンパク質であることが明らかになった。TNRC6A の核外移行シグナル内にアミノ酸置換を導入した変異体タンパク質は、核内で点状に局在し、そこには Ago や miRNA も共局在した。このような Ago や miRNA との共局在は、Ago 結合領域を欠いた TNRC6A 変異体では見られなかったことから、TNRC6A は Ago との相互作用を介して miRNA を核内に輸送していると考えられた。また、TNRC6A の核外移行シグナル変異体の強制発現により、核内長鎖 RNA、MALAT-1 に対する siRNA のノックダウン効果が増強した。したがって、TNRC6A は核内における RNA サイレンシングに関わっていると考えられた。

本研究により、TNRC6A が小さな RNA と Ago タンパク質を含む複合体を細胞質から核内に輸送することが初めて示され、核内でも miRNA による遺伝子発現調節が行われる可能性が提起された。核内 miRNA 複合体は、核内 RNA の発現抑制以外にも、転写段階での遺伝子発現制御やスプライシングの制御、あるいは全く未知の機能を担う可能性も考えられ、今後の研究の進展が期待される。本研究成果は K. Nishi *et al.*, *RNA* **19**, 17 (2013) に掲載された。

(2012年11月15日プレスリリース)



TNRC6A は核移行シグナル (NLS) により核移行し、核外移行シグナル (NES) によって細胞質へ搬出される。また、TNRC6A には Ago が結合し、TNRC6A の核内移行に伴って、miRNA を含む Ago も核内に運ばれる。細胞質では miRNA—Ago—TNRC6A 複合体は、標的とする mRNA の分解や翻訳抑制を引き起こす。いっぽう、核内でも miRNA—Ago—TNRC6A 複合体は、標的 RNA を抑制する作用がある可能性が示唆されたが、そのほかの機能は未解明である。